

Preparing for action : a behavioral and pupillometric study

Citation for published version (APA):

Moresi, S. M. J. (2009). *Preparing for action : a behavioral and pupillometric study*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/dis.20090416sm>

Document status and date:

Published: 01/01/2009

DOI:

[10.26481/dis.20090416sm](https://doi.org/10.26481/dis.20090416sm)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

SUMMARY

In daily life, people often make use of visual cues. A good example of a cue is the orange traffic light, which prepares one either to move or to stop. Thus, a traffic light turning orange may stimulate preparatory activities, which will allow car drivers to rapidly detect the forthcoming red light and, if necessary, to stop the car immediately. In general, people perform faster when they are presented with a cue that indicates a future event. This thesis focuses on the preparatory processes that enable such a speeded action. In particular, we examined preparatory processes that underlie the hand-advantage, a robust phenomenon in finger-cuing studies. This phenomenon is the reaction time (RT) benefit that occurs when preparing two fingers on one hand as opposed to preparing two fingers on two hands. A recent account of the hand-advantage is the 'Grouping Model' of finger preparation (Adam et al., 2003b, 2005), which is based on two assumptions, the 'grouping' and the 'processing' assumption. The current thesis contains five studies that evaluated these assumptions.

Chapter 1 describes the hand-advantage in more detail. This RT benefit arises in the so called 'finger-cuing' task. In this task, participants are presented with four horizontally arranged squares (stimuli), which appear on the screen. Participants can react by pressing one of four spatially compatible keys of a keyboard with the index and middle fingers of one of the two hands. Typical in these kind of 'cuing' tasks is that first a cue appears, which gives information about which fingers to prepare for the eventual response. In this way, participants are able to respond faster. In this task, the cue colors two boxes grey. Hence, the cue transforms the basic four-choice task into a two-choice task. Following the cue signal, the target stimulus is presented by making one of the two grey boxes black, thus indicating the required finger response.

To test the two assumptions of the Grouping Model in the finger-cuing task, we measured two variables: reaction time (RT) and the 'cognitive pupil response'. The latter delivers information about the cognitive load of a certain task. When a task becomes more difficult, the pupil will show more dilation. For example if you experience this summary as very difficult, then your pupils are more dilated than when you read a simple magazine. A limitation of RT is

that it represents only one moment of measurement while the cognitive pupil response is a continuous measurement.

Chapter 2 describes the first test of the processing assumption. In this study we investigated the differences in pupil size and RT during response preparation in the ‘finger-cuing’ task. Typical for this task is that easy and more difficult cues are presented and this results in a pattern of differential cue difficulty. The processing assumption emphasizes that the more difficult cues (indicating two fingers on two hands) require a slower, more effortful and controlled, so-called ‘top-down’ process to select the correct responses (fingers). On the other hand, easier cues (indicating two fingers on one hand), require a faster, more automatic, so-called ‘bottom-up’ process. As predicted by the processing assumption, selection and preparation of the more difficult cues led to larger pupil dilations, which suggested a higher cognitive load.

Chapter 3 presents a study that tested the grouping assumption. The grouping assumption underlines the existence of natural groups that determine the relation between stimuli and responses. This means that left-right cues, which evoke preparation of two fingers on one hand, are very effective because they indicate a strong perceptual stimulus group (two squares left or right) and a strong corresponding response group (left or right hand). In contrast, cues that represent two fingers on two hands belong to less well-defined groups. In other words, the anatomical left-right distinction of groups is absent in these cues. For this study, we disrupted the compatibility between the stimulus and response set by using an overlapped hand placement next to an adjacent hand placement. In the overlapped hand placement, the index and middle fingers of both hands were placed alternately on the response keys, which resulted in the following arrangement: right index, left middle, right middle, and left index finger. Performance in the overlapped hands condition was compared to the standard adjacent hand placement. Results showed longer RTs and larger pupil dilations for the overlapped than for the adjacent hand placement, reflecting an overall increase in cognitive processing load. Importantly, overlapping the hands negatively affected left-right cues the most, while these cues were most efficient in the standard hands adjacent position. This specifies a higher cognitive load when preparing two fingers on one hand in the overlapped hand position. Our outcome supports the notion that the anatomical hand distinction is an important determinant of finger-cuing efficiency. This conclusion also supports the Grouping Model, which highlights the role of motoric factors in response preparation.

Chapter 4 reports a study in which the validity of the cue is manipulated to provide another test of the processing assumption. This means that 75% of the cues were valid and 25% of the cues were invalid. Because invalid cues incorrectly specify fingers, reprogramming operations are required to suppress incorrectly prepared responses and reactivate already suppressed ones. Consistent with this assumption, overall, pupil dilations were overall stronger for invalid than for valid cues. Furthermore, reprogramming operations were especially effortful in preparing two fingers on one hand, because the reprogramming of 'automatic bottom-up' processes (two fingers on one hand) requires more effort than the correction of slow, 'effortful top-down' processes (two fingers on two hands). These findings are consistent with the processing assumption. Moreover, our results are compatible with studies, which examined 'inhibition'. These inhibition studies suggest that preparing two fingers on one hand is associated with stronger basal ganglia activity, suggesting stronger inhibition of irrelevant responses grouped together in one hemisphere (left or right).

Chapter 5 investigates the potential role of inhibition in finger preparation. For that purpose, a moving-hands response set was compared to the standard static-hands response set. It was assumed that the advantage of preparing two fingers on one hand (represented in one hemisphere) as opposed to preparing two fingers on two hands (represented in two hemispheres) is partly due to a response inhibition process that operates more efficiently within than between hemispheres. In this view, eliciting extra activation in both hemispheres by moving the hands decreased the within-hemisphere inhibition advantage. Translated to the processing assumption, these outcomes indicate that moving the hands only influences the automatic, bottom-up processes but not the controlled top-down processes.

Chapter 6 describes the last test of the processing assumption by examining if finger response preparation is sensitive to aging. If, as many studies have demonstrated, advancing age is accompanied by a reduction in controlled, effortful processes while leaving automatic processes intact, then preparing the more difficult cues (two fingers on two hands) should be affected by older age, whereas preparing the more easy cues (two fingers on one hand) should be relatively spared. RT results showed that elderly are capable of maximally preparing the difficult cues but they needed more time than youngsters. Thus, the age-related deficit is present in the speed of between-hands

preparation, not in the speed of within-hand preparation, which is in line with the processing assumption.

Chapter 7 summarizes the most important outcomes of the previous chapters and puts them in a broader perspective. Together, the results of the above five studies provided independent and converging evidence for the two assumptions of the Grouping Model of finger preparation. These outcomes support the Grouping Model's notion that different processes modulate within- and between-hands preparation. In particular, the findings are in accordance with the idea that between-hands preparation relies on fast, automatic, bottom-up processes, whereas within-hands preparation requires slower, effortful, top-down processes to establish a selective set. Furthermore, it is argued that the finger-cuing task can be very valuable in applied and clinical settings. For example, it may hold promise as a diagnostic tool for detecting, monitoring, and evaluating executive dysfunctions, which are often associated with controlled processes.

SAMENVATTING

In het dagelijkse leven maken we vaak gebruik van visuele aanwijzingen. Bij experimenteel psychologisch onderzoek spreekt men in dit verband over 'cues'. Een goed voorbeeld van een cue is het oranje verkeerslicht, dat mensen voorbereidt om te remmen of juist extra gas te geven voordat het licht op rood springt. Met andere woorden: het oranje verkeerslicht zorgt ervoor dat het rode licht sneller gedetecteerd wordt en, indien nodig, de auto onmiddellijk gestopt kan worden. Over het algemeen geldt dat mensen sneller reageren wanneer de cue aan een actie voorafgaat. Dit proefschrift concentreert zich op de voorbereidende processen die zulke versnelde reacties mogelijk maken. De term die hiervoor gehanteerd wordt, is responspreparatie. In het bijzonder ligt de focus van het proefschrift op de responspreparatieprocessen die het zogenaamde handvoordeel ondersteunen, een robuust fenomeen in het onderzoek naar het prepareren van vingerresponsen. Het handvoordeel is een reactietijdvoordeel dat ontstaat wanneer twee vingers op één hand geprepareerd worden in plaats van twee vingers op twee handen. Een recente verklaring voor dit handvoordeel komt voort uit het zogenaamde 'Grouping Model' (Adam et al., 2003, 2005). Dit model is gebaseerd op twee assumpties (aannames), namelijk de 'grouping'- en de 'processing'-assumptie. Dit proefschrift omvat vijf studies waarin de cognitieve pupilrespons en reactietijd (RT) gebruikt zijn om deze twee assumpties te testen.

Hoofdstuk 1 gaat nader in op het handvoordeel. Dit reactietijdvoordeel doet zich voor in de zogenaamde 'finger-cuing'-taak. In deze computertaak zien proefpersonen vier horizontaal geplaatste vierkantjes (stimuli) op het scherm verschijnen. De respons wordt gegeven door het indrukken van één van vier overeenkomstige toetsen van een toetsenbord met de wijs- of middelvinger van één van de twee handen. Typisch bij dit soort 'cuing'-taken is dat eerst een cue verschijnt die informatie geeft over de mogelijke responsen, zodat proefpersonen zich kunnen voorbereiden en daardoor sneller kunnen reageren. De cue in deze taak kleurt twee vierkantjes grijs en geeft zo informatie over twee responsmogelijkheden. Met andere woorden: de cue reduceert de vierkeuzemogelijkheid tot een tweekeuzemogelijkheid en daardoor kan de proefpersoon sneller reageren. Na de cue verschijnt de stimulus: één van de twee 'ge-cue-de' vierkantjes kleurt zwart. Deze geeft aan welke vingerrespons uiteindelijk moet worden uitgevoerd.

Om de twee assumpties van het Grouping Model te testen met de finger-cuing-taak, werden twee variabelen gemeten. Allereerst de reactietijd (RT). Dit is de tijd tussen de stimulus en de respons. Daarnaast werd de zogenaamde 'cognitieve pupilrespons' gemeten. Deze levert informatie over de cognitieve belasting van een taak. Wanneer een taak moeilijker wordt, zal de pupil meer verwijden. Bijvoorbeeld als u deze samenvatting als moeilijk ervaart, zal uw pupil groter zijn dan wanneer u een eenvoudig tijdschrift leest. De beperking van een RT is dat deze slechts één meetmoment representeert. De 'cognitieve pupilrespons' kan echter continu gemeten worden.

Hoofdstuk 2 beschrijft de eerste test van de processing-assumptie. In deze studie werd gekeken naar de verschillen in pupilgrootte en RT tijdens responspreparatie in de finger-cuing-taak. Typisch aan deze taak is dat makkelijke en moeilijke cues worden aangeboden en dit resulteert in een patroon van differentiële cue-moeilijkheid. De 'processing'-assumptie zegt hierover dat het prepareren van moeilijker cues (zoals twee vingers op twee handen) een trager, meer gecontroleerd, zogenaamd 'top-down'-proces vereist om de juiste responsen (vingers) te selecteren, terwijl het prepareren van makkelijker cues (zoals twee vingers op één hand) een sneller, meer 'automatisch', zogenaamd 'bottom-up'-proces vereist. Zoals voorspeld door de 'processing'-assumptie, ging de preparatie en selectie van twee vingers op twee handen gepaard met een grotere pupilverwijding en dit suggereert een hogere cognitieve belasting.

Hoofdstuk 3 beschrijft een studie die de grouping-assumptie test. De grouping-assumptie benadrukt het bestaan van natuurlijke groepen, die de samenhang tussen stimuli en responsen bepalen. Hiermee kan worden voorspeld dat links-rechts-cues, die aanzetten tot het prepareren van twee vingers op één hand, zeer effectief zijn omdat ze een sterke perceptuele stimulusgroep (twee vierkantjes links of rechts) en een sterke corresponderende motorische responsgroep vormen (linker- of rechterhand). Dit in tegenstelling tot cues die twee vingers op twee handen representeren, die tot minder sterk gedefinieerde groepen behoren. Met andere woorden: bij dit soort cues is het anatomische links-rechts-onderscheid van groepen niet meer aanwezig. In deze studie werd de compatibiliteit tussen de stimulus- en responsset verstoord door de handen te 'kruisen' (over elkaar te leggen), waarbij de vingers de volgende volgorde aannamen: rechter wijsvinger, linker middelvinger, rechter middelvinger, linker wijsvinger. De prestatie met gekruiste handen werd vervolgens

vergeleken met de prestatie in de standaardpositie (handen naast elkaar). De resultaten toonden een grotere pupilverwijding, die gepaard ging met een tragere RT bij gekruiste handen vergeleken met de standaard handpositie. Voornamelijk de links-rechts-cues werden het meest beïnvloed door het kruisen van de handen, terwijl deze cues in de standaard handpositie juist het meest efficiënt zijn. Dit duidt op een hogere cognitieve belasting bij het prepareren van twee vingers op één hand in de gekruiste handpositie. Deze uitkomst laat zien dat het anatomische links-rechts-onderscheid voor een belangrijk deel de efficiëntie van vingerresponspreparatie bepaalt. Dit resultaat suggereert dus een prominente rol van motorische factoren in responspreparatie, een rol die expliciet door het Grouping Model wordt erkend.

Hoofdstuk 4 beschrijft een studie waarin de validiteit (geldigheid) van de cue gemanipuleerd werd om de processing-assumptie verder te testen. Dat wil zeggen: in 75% van de gevallen waren de cues valide en in 25% van de gevallen waren de cues niet valide. Niet-valide cues geven foutieve informatie over welke vingers geprepareerd moeten worden en vereisen daarom, zodra de stimulus verschijnt, een herprogrammering om de juiste vingerrespons te kunnen selecteren. De respons op niet-valide cues was trager en de pupilverwijding groter, waaruit afgeleid werd dat herprogrammering tijd en moeite kost. Het prepareren van twee vingers op één hand bleek het gevoeligst voor niet-valide cues. Dit suggereert dat het herprogrammeren van automatische niet-valide cues (twee vingers op één hand) meer moeite kost dan het herprogrammeren van de 'meer gecontroleerde niet-valide cues (twee vingers op twee handen). Deze bevindingen zijn consistent met de processing-assumptie. Bovendien zijn ze consistent met het gegeven dat het prepareren van twee vingers op één hand samengaat met een sterke activiteit in de basale ganglia, die zorgt voor de inhibitie (het onderdrukken) van de niet relevante responsalternatieven die gegroepeerd zijn in één hemisfeer (links of rechts).

Hoofdstuk 5 beschrijft de potentiële rol van inhibitieprocessen bij het prepareren van vingerresponsen. Hiervoor werd een conditie waarin de handen bewogen werden vergeleken met een conditie waarin de handen statisch waren. Zoals vermeld in Hoofdstuk 4, verloopt het responsinhibitieproces mogelijk efficiënter *binnen* één hemisfeer dan *tussen* hemisferen. Door de handen te laten bewegen werd dit *binnenhemisfeer*-voordeel verminderd ten opzichte van de statische conditie, omdat door het bewegen van de twee handen beide hemisferen geactiveerd

worden. Vertaald naar de 'processing'-assumptie, laten de bevindingen zien dat het bewegen van de handen enkel de automatische, bottom-up-processen beïnvloedt, niet de meer gecontroleerde, top-down-processen.

Hoofdstuk 6 beschrijft een laatste test van de 'processing'-assumptie door te bestuderen of vingerresponspreparatie gevoelig is voor veroudering. Algemeen is bekend dat ouderdom de meer gecontroleerde, moeilijkere informatieverwerkingsprocessen aantast maar niet de automatische, snelle processen. In deze studie werd de preparatietijd verlengd tot 5 sec. om de oudere proefpersonen meer tijd te geven om te prepareren en om zo na te gaan of zij de moeilijkere cues (twee vingers op twee handen) toch konden prepareren. De resultaten lieten zien dat bij voldoende lange preparatietijden, ouderen alle cues even effectief konden prepareren. Dit suggereert dat ouderen in staat zijn om de moeilijke cues maximaal te prepareren, maar dat zij daar meer tijd voor nodig hebben dan jongeren. Het ouderdomsgerelateerde tekort zit hem dus in de snelheid van het prepareren van twee vingers op twee handen, maar niet in de snelheid van het prepareren van twee vingers op één hand. Dit komt overeen met de processing-assumptie.

Hoofdstuk 7 vat de belangrijkste bevindingen van alle voorafgaande hoofdstukken samen en plaatst deze in een breder kader. Allereerst leverden de resultaten uit de bovenstaande vijf studies onafhankelijk en convergerend bewijs voor de twee assumpties die voortkomen uit het Grouping Model van vingerresponspreparatie. Er was sprake van een sterke dissociatie tussen prepareren van twee vingers op één hand en prepareren van twee vingers op twee handen. Deze dissociatie stemt overeen met het idee dat preparatie via twee verschillende processen tot stand gebracht kan worden: via een traag, moeilijk top-down proces (twee vingers op twee handen) en via een snel, automatisch, bottom-up proces (twee vingers op één hand). Vervolgens werd geopperd dat het gebruik van de finger-cuing-taak waardevol kan zijn in toegepaste en klinische settings, bijvoorbeeld als diagnostisch instrument voor het detecteren, monitoren en evalueren van cognitieve disfuncties, die specifiek betrekking hebben op gecontroleerde processen.